PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 53-033638
(43)Date of publication of application : 29.03.1978

(51)Int.CI. G02B 27/17
G02B 9/14

(21)Application number : 51-108567
(22)Date of filing : 10.09.1976

(71)Applicant : CANON INC
(72)Inventor : MINOURA KAZUO

(54) SCANNING OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:
PURPOSE: To secure an equispeed scanning on the image formation surface by giving a distortion property as prescribed to the image formation lens in the scanning optical system through which an image formation is ensured on the scanning surface through an image formation lens to the reflection light which is sent from a mirror featuring a sine vibration.

⑲日本国特許庁　⑪特許出願公開

公開特許公報　昭53—33638

⑤Int. Cl².	識別記号	㉜日本分類	庁内整理番号	㊸公開　昭和53年(1978) 3月29日
G 02 B 27/17		104 A 0	7448—23	発明の数　2
G 02 B 9/14		104 A 412	6952—23	審査請求　未請求

（全 8 頁）

㊿走査光学系

㉑特　願　昭51—108567

㉒出　願　昭51(1976) 9月10日

㉗発 明 者　箕浦一雄

⑪出 願 人　キャノン株式会社
横浜市金沢区釜利谷町3710—3

⑭代 理 人　弁理士　丸島儀一
東京都大田区下丸子3-30-2

明　細　書

1.発明の名称

走査光学系

2.特許請求の範囲

(1) 回転角 (φ) が $\phi_0 \sin k_1 t$ で振動するミラーに該ミラーの中心に対して距離が r だけ離れた位置に配された光源からの光を向け、該ミラーからの振れビームを結像レンズにより走査面上に結像する走査光学系に於いて、前記結像レンズは

$$y' = \frac{r\phi_0}{r+\ell}\int V(\theta)\,d\theta$$

但し、y' は像高、ℓ は前記振動ミラー中心と結像レンズの入射側節点の距離、$V(\theta)$ は

$$\frac{\ell^2 + r^2 + 2\ell\cdot\xi(\theta)}{\left\{r+\ell\cdot\xi(\theta)\right\}\sqrt{\phi_0^2 - \left[\arccos\left\{\frac{1}{r}\xi(\theta)\right\}\right]^2}}$$

但し、$\xi(\theta)$ は $\sqrt{r^2\cos^2\theta - \ell^2\sin^2\theta} - \ell\sin^2\theta$、

1

θ は結像レンズの入射側節点に向う走査ビームと結像レンズの光軸となす角である。

なる歪特性を有する事を特徴とする走査光学系。

(2) 回転角 (φ) が $\phi_0 \sin k_1 t$ で振動するミラーに平行光束を向け、該ミラーからの振れビームを焦点距離 f なる結像レンズにより走査面上に結像する走査光学系に於いて、前記結像レンズは

$$y' = 2\cdot\phi_0\cdot f\ \arcsin\left(\frac{\theta}{2\phi_0}\right)$$

但し、y' は像高、θ は結像レンズの入射側節点に向う走査ビームと結像レンズの光軸となす角である。

なる歪特性を有する事を特徴とする走査光学系。

(3) 特許請求の範囲第(2)項の走査光学系に於いて前記結像レンズが持つべき歪曲収差係数と振動ミラーの最大振れ角 ϕ_0 との間に

2

$$v = \frac{2}{3}\left(1 - \frac{1}{2k^2}\right)$$

$$\hat{V} = B\left(\frac{1}{6k^2} - \frac{3}{40k^4} - \frac{1}{5}\right)$$

（但し　$k = 2\phi_0$）

なる関係を有することを特徴とする走査光学系。

3.発明の詳細な説明

本発明は走査光学系、特に正弦振動ミラーを使用した走査光学系に関するものである。

ここで正弦振動ミラーとは光源から出射してミラーの中心に向つた光線がミラーによつて反射され、その反射光が結像レンズの光軸に一致する時のミラーの回転位置を基準とし、ミラーが回転した時その回転角を φ とし、この回転角 (φ) が時間 t に対して

$$\phi = \phi_0 \cdot \sin k_1 \cdot t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

で表わせるものを称す。この様な正弦振動ミラーの代表的なものは高速ガルバノミラーである。ガ

3

ルバノミラーを高速振動させようとするとガルバノミラーのコイルに高周波電流を流してやらなければならない。このガルバノミラーの振動を直線的なものにしようとすればコイルに鋸歯状の高周波電流を流してやればよいが、鋸歯状の高周波電流は得がたく、この為通常得易い正弦状の高周波電流をコイルに流している。この正弦状の高周波電流をコイルに流すとミラーの振動は正弦的に振動してしまう。

この様な正弦振動ミラーを使用した走査光学系の走査ビームの振れ速度は当然非等角速度である。従つて、走査面上の走査ビームの移動は非直線的移動となる。走査面上の走査ビームの移動が非直線的移動である走査系は等間隔信号に基づいてレーザー光束を変調し、変調レーザー光束を走査系で記録面を走査し情報を記録するいわゆるレーザ

4

ービームプリンター、走査ビームの振れ幅中に被検物体を配し、被検物体によつて走査ビームの遮断時間を測定する事によつて被写体の長さを測定するいわゆるバーゲージ等に適用する場合不都合であつた。この為、非等角速度の走査ビームが得られる走査系のミラーと走査面の間に歪レンズを配し、この歪レンズによつて、走査面上の走査ビームの移動を直線的に補正する技術は古くから良く知られていた。例えば1954年10月19日に特許された米国特許2692369 にはライトカム（light cam）によつて生じる走査ビームの非直線性を歪レンズを使用して補正する装置が示されている。

本発明はこの技術を正弦的に振動するミラーを含む走査光学系（先の米国特許のライトカムは正弦的に振動するミラーではない）に適用したもの

5

である。従つて本発明の目的は走査面に於いて等速の走査ビームの移動が得られる正弦的に振動するミラーを含む走査光学系を提供する事である。そしてこの目的は、正弦的に振動するミラーの特性に合つた歪特性を有する結像レンズをこの振動ミラーと走査面の間に配する事によつて達成している。

以下本発明を図面を使用して説明する。

第1図は本発明の走査光学系の配置図を示す図であり、M は正弦的に振動するミラー M の中心 O に対して距離 r だけ離れた位置に配置された光源である。i は光源 B からミラー M の中心 O に向う光、γ はミラー M によつて反射された光、L は結像レンズ、a はこの結像レンズの光軸、P' はこの結像レンズの像面である。今、反射光 γ が結像レンズ L の光軸に一致する時のミラー M の回転位置を基

6

準とし、破線で示される様にミラーMが回転した時その回転角をϕとすると、その回転角ϕは先に説明した通り、時間tに対して、

$$\phi = \phi_0 \cdot \sin k_1 \cdot t \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

で示される関係である。その角速度（$d\phi/dt$をωとするとωは(1)式を使つて次のように表わされる。

$$\omega \equiv \frac{d\phi}{dt} = k_1\phi_0 \cos k_1 \cdot t = \pm k_1\sqrt{\phi_0^2-\phi^2} \cdots\cdots (2)$$

但し、ϕ_0はミラーMの最大振れ角であり、

$$\frac{\pi}{k_1}\left(2m-\frac{1}{2}\right) \leqq t \leqq \frac{\pi}{k_1}\left(2m+\frac{1}{2}\right)$$

のとき、＋の符号を採用し、

$$\frac{\pi}{k_1}\left(2m+\frac{1}{2}\right) < t < \frac{\pi}{k_1}\left(2m+\frac{3}{2}\right)$$

のとき－の符号を採用する。

ミラーMの中心OとレンズLの入射側節点Nの距離をℓとする時、入射光線iはミラーMによつて反射されi'なる反射光はミラーの中心Oを曲率中心とする円弧P上の点S'から出射された様にみなされる。点S'とレンズLの入射側節点Nを結ぶ直線と光軸Sとなす角をθとすると、θとϕとの間には

$$\tan\theta = r\sin 2\phi \,/\, (\ell + r\cos 2\phi) \qquad (3)$$

なる関係がある。(3)式の両辺を時間tで微分して

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{2r(r+\ell\cos 2\phi)}{\ell^2+r^2+2\ell r\cos 2\phi}\,\frac{d\phi}{dt}$$

$$= \pm\frac{2k_1\cdot r(r+\ell\cos 2\phi)}{\ell^2+r^2+2\ell r\cos 2\phi}\sqrt{\phi_0^2-\phi^2} \qquad (4)$$

を得る。

一方、レンズLの像面F'上の像点y'の走査速度の絶対値を一定になる事を要請すると、

$$\frac{dy'}{dt} = \pm k_2 \ (= \text{const.}) \qquad (5)$$

である。但し、符号は(2)式と対応する。(3)，(4)，(5)式より

$$\frac{dy'}{d\theta} = \frac{k_2}{2k_1}\cdot\frac{\ell^2+r^2+2\ell r\cos 2\phi}{r(r+\ell\cos 2\phi)\sqrt{\phi_0^2-\phi^2}} \qquad (6)$$

$$= \frac{k_2}{2k_1}\cdot F(\theta) \qquad (6)'$$

ここで

$$F(\theta) \equiv \frac{\ell^2+r^2+2\ell\cdot\xi(\theta)}{\{r+\ell\cdot\xi(\theta)\}\sqrt{\phi_0^2-\left(\arccos\{\frac{1}{r}\xi(\theta)\}\right)^2}} \qquad (7)$$

$$\xi(\theta) \equiv \sqrt{r^2\cos^2\theta-\ell^2\sin^2\theta}-\ell\sin^2\theta \qquad (8)$$

である。

(6)式より像点y'は

$$y' = \frac{k_2}{2k_1}\int F(\theta)\,d\theta \qquad (9)$$

となる。但し、積分定数は$\theta=0$のとき$y'=0$と仮定するとゼロで、となるので省略した。ここでθが微小の場合、つまり近軸領域に於いては、レンズLの近軸焦点距離をfとして(6)式より

$$\frac{dy'}{d\theta} = \frac{k_2}{2k_1}\,\frac{r+\ell}{r\phi_0}$$

となり、一方、近軸領域では、

$$y' = f\cdot\theta$$

が成立するから

$$k_2 = \frac{2rk_1\phi_0}{r+\ell}\cdot f \qquad (10)$$

でなければならない。

つまり、(7)，(8)，(9)式が成立する様にレンズLに特別な歪特性を持たせれば、結像面上での走査スピードは(10)式で示される様な一定値を有する。

これに対して従来の一般のレンズ、つまり

$$y' = f\tan\theta \qquad (11)$$

で表わされるレンズを正弦振動ミラーを用いた走査系に使用すると、(3)(4)，(11)式より

$$\left|\frac{dy'}{dt}\right| = f\cdot\frac{1}{\cos^2\theta}\cdot\left|\frac{d\theta}{dt}\right|$$

$$= 2k_1 f\,\frac{\{r^2+\ell\cdot\xi(\theta)\}}{\{L+\xi(\theta)\}^2}\sqrt{\phi_0^2-\left\{\arccos\left(\frac{1}{r}\xi(\theta)\right)\right\}^2}$$

を得る。ここで$\xi(\theta)$は、(8)式で与えられる。

上記式をみて分る様に$|dy'/dt|$、つまり結像面上の走査速度の絶対値は一定値でない。

第1図の第1実施例では光源Sが有限の距離rだけ離れた場合を想定したが、第2図で示す第2実施例は光源Sが無限遠の位置にある場合の実施例である。

この時、$2\phi=\theta$となり、(1)，(2)式はそれぞれ次の様になる。

$$\theta = 2\phi_0\cdot\sin k_1\cdot t$$

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d\theta}{dt} = k_1\phi_0\cdot\cos k_1\cdot t$$

$$= \pm k_1\sqrt{\phi_0^2-(\theta/2)^2}$$

又、(6)式にて、$\phi=\theta/2$、$r=\infty$とすると

$$\frac{dy'}{d\theta} = \frac{k_2}{k_1}\cdot\frac{1}{\sqrt{4\phi_0^2-\theta^2}}$$

となる。従つて、

$$y' = \frac{k_2}{k_1}\cdot\arcsin\left(\frac{\theta}{2\phi_0}\right)$$

となる。又、(10)式より

$$k_2 = 2k_1\phi_0\cdot f$$

$$\therefore y' = 2\phi_0 f\arcsin\left(\frac{\theta}{2\phi_0}\right) \qquad (12)$$

を得る。

つまり、光源が無限遠、つまり平行ビームを、正弦振動ミラーで走査し、$y'=2\phi_0 f\arcsin(\theta/2\phi_0)$で示される歪特性を有するレンズを使用すると結像面上で、等速走査が得られる。

(12)式を次のように書き直す。

$$y' = F\cdot\arcsin\varphi \qquad (13)$$

$$\begin{cases} F \equiv k\cdot f & (k\equiv 2\phi_0,\ f:\text{焦点距離}) \\ \varphi \equiv \dfrac{\theta}{k} & (\theta:\text{偏向角}) \end{cases} \qquad (14)$$

(13)式で与えられる歪特性レンズは三次，五次収差領域において、一般に用いられる歪曲収差係数（v…三次歪曲収差係数，$\hat{v}$…五次歪曲収差係数）が次の値をとるときに実現される。

$$\begin{cases} v = \dfrac{2}{3}\left(1-\dfrac{1}{2k^2}\right) \\ \hat{v} = 8\left(\dfrac{1}{6k^2}-\dfrac{3}{40k^4}-\dfrac{1}{5}\right) \end{cases} \qquad (15)$$

今、簡単の為にk＝1とすると

$$\begin{cases} v = \dfrac{1}{3} \\ \hat{v} = -\dfrac{13}{15} \end{cases}$$

の値をとるときに、正弦振動ミラーによる偏向光を結像面上で等速に走査することが可能である。

レンズ実施例1.

焦点距離 f＝120.90236、Fナンバー60、半画角23.1°以内は、殆ど回折限界の結像性能を有し、結像位置ずれは、図2に示すように最大理想像高50㎜に対し約－0.16㎜である。

この場合の三次，五次収差係数は

$v = 0.35410$

$\hat{v} = -0.49310$

で、三次収差係数は、目標値に殆ど近いが、五次収差係数はまだ不充分である。

レンズ実施例2

焦点距離 f＝120.90236、Fナンバー60、半画角28.6°以内は殆ど回折限界の結像性能を有し、結像位置ずれは第3表に示すように、最大理想像高63㎜に対し約－0.15㎜である。

この場合の三次，五次収差係数は

$v = 0.35603$

$\hat{v} = -0.86765$

で、三次，五次係数とも殆ど目標値を満足し、その結果、実施例1のレンズより広角まで性能が良好となる。

第1表

$R_1 =$ 97.51304	$\ell_1 =$ 10.0173		
$R_2 = -$ 88.75264	$d_1 =$ 1.33564	$N_1 = 1.63632$	$\nu_1 = 55.4$
$R_3 = -$ 29.94222	$\ell_2 =$ 1.12862		
$R_4 =$ 112.65680	$d_2 =$ 0.66782	$N_2 = 1.52946$	$\nu_2 = 48.9$
$R_5 = -$208.01358	$\ell_3 =$ 3.29450		
$R_6 = -$ 28.93115	$d_3 =$ 8.71505	$N_3 = 1.51464$	$\nu_3 = 64.1$

$f = 120.90236$
F/60
$\omega/2 = 23.1°$
$\lambda = 6328Å$

第2表

$R_1 =$ 74.10586	$\ell_1 =$ 12.61617		
$R_2 = -$ 74.74731	$d_1 =$ 1.68216	$N_1 = 1.63632$	$\nu_1 = 55.4$
$R_3 = -$ 36.64146	$\ell_2 =$ 1.42143		
$R_4 =$ 68.22883	$d_2 =$ 0.84108	$N_2 = 1.52946$	$\nu_2 = 48.9$
$R_5 = -$161.82437	$\ell_3 =$ 9.89909		
$R_6 = -$ 34.41781	$d_3 =$ 10.97606	$N_3 = 1.51464$	$\nu_3 = 64.1$

$f = 120.90236$
F/60
$\omega/2 = 28.6°$
$\lambda = 6328Å$

15

第3表

収差係数

	実施例1	実施例2
I	2.95754	2.78017
II	0.48911	1.14629
III	− 0.02753	− 0.03286
P	0.46500	0.44748
V	0.35410	0.35603
I^*	−248.76510	−557.74387
II^*	− 3.88750	− 4.29462
I_F	− 29.95908	− 26.435
II_P	− 4.50860	− 8.01904
[illegible]	− 48.94084	− 41.14218
[illegible]	− 3.74164	− 7.63083
[illegible]	− 0.24764	− 1.20962
[illegible]	− 1.77797	− 2.71891
[illegible]	− 0.49310	− 0.86765

16

4.図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る走査光学系の第1実施例の光学配置図、第2図は光源が無限遠である第2実施例の光学配置図、第3図は明細書中の(3)式で示される歪特性を有することを目的として設計したレンズの断面図、第4図，第5図は、それぞれ明細書第1表，第2表に示したレンズの歪特性を図示したもので、理想像高からの結像位置のずれ量を表わす。

図中

Sは光源、Mは正弦振動ミラー

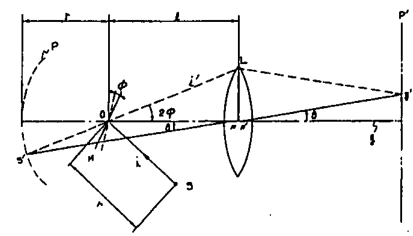
Lは結像レンズ、P′は走査面である。

出願人　キヤノン株式会社

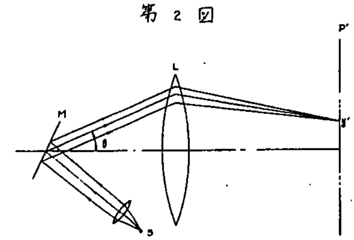
代理人　丸島儀一

17 18

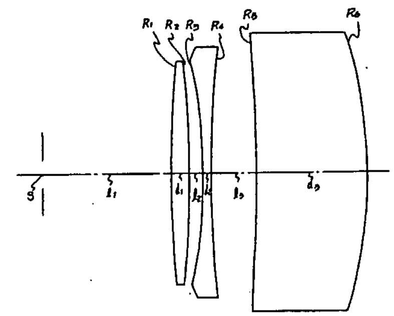
第1図



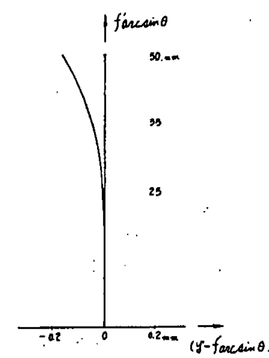
第2図



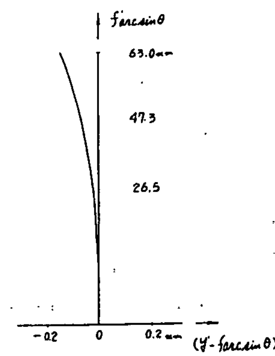
第3図



第4図



第5図



手続補正書

昭和52年6月15日

特許庁長官　片山石郎　殿

1. 事件の表示

昭和51年特許願第108567号

2. 発明の名称

走査光学系

3. 補正をする者

事件との関係　特許出願人

住所　東京都大田区下丸子3-30-2

名称　(100) キヤノン株式会社

代表者　~~前田武男~~ 賀来龍三郎

4. 代理人

居所　〒146東京都大田区下丸子3-30-2 キヤノン株式会社内(電話758-2111)

氏名　(6987) 弁理士　丸島儀一

5. 補正の対象

明細書、特許請求の範囲の項。

6. 補正の内容

明細書中、特許請求の範囲を別紙の通り補正します。

特許請求の範囲

(1) 回転角(ϕ)が$\phi_0 \sin k_1 t$で振動するミラーに該ミラーの中心に対して距離がrだけ離れた位置に配された光源からの光を向け、該ミラーからの振れビームを結像レンズにより走査面上に結像する走査光学系において、前記結像レンズは

$$y' = \frac{f r \phi_0}{r+\beta} \int F(\theta)\, d\theta$$

但し、y'は像高、βは前記振動ミラー中心と結像レンズの入射側節点の距離、$F(\theta)$は

$$\frac{\beta^2 + r^2 + 2\beta \cdot \epsilon(\theta)}{\{r + \beta \cdot \epsilon(\theta)\} \sqrt{\phi_0^2 - \{\arccos(\frac{1}{r}\epsilon(\theta))\}^2}}$$

但し、$\epsilon(\theta)$は$\sqrt{r^2\cos^2\theta - \beta^2\sin^2\theta} - \beta\sin^2\theta$，

θは結像レンズの入射側節点に向う走査ビームと結像レンズの光軸となす角である。

なる歪特性を有する事を特徴とする走査光学系。

(2) 回転角(ϕ)が$\phi_0 \sin k_1 t$で振動するミラーに平行光束を向け、該ミラーからの振れビームを焦点距離fなる結像レンズにより走査面上に結像する走査光学系において、前記結像レンズは

$$y' = 2\phi_0 f \arcsin\left(\frac{\theta}{2\phi_0}\right)$$

但し、y'は像高、θは結像レンズの入射側節点に向う走査ビームと結像レンズの光軸となす角である。

なる歪特性を有する事を特徴とする走査光学系。

(3) 特許請求の範囲第(2)項の走査光学系において前記結像レンズが持つべき歪曲収差係数と振動ミラーの最大振れ角ϕ_0との間に

$$V = \frac{8}{3}\left(1 - \frac{1}{8k^2}\right)$$

$$\hat{V} = 8\left(\frac{1}{8k^2} - \frac{3}{40k^4} - \frac{1}{5}\right)$$

(但し　$k = 3\phi_0$)

なる関係を有することを特徴とする走査光学系。